

Rec'd PTO 18 JAN 2005

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-016036

(43)Date of publication of application : 19.01.1989

(51)Int.Cl.

H04B 9/00

(21)Application number : 62-171570

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 09.07.1987

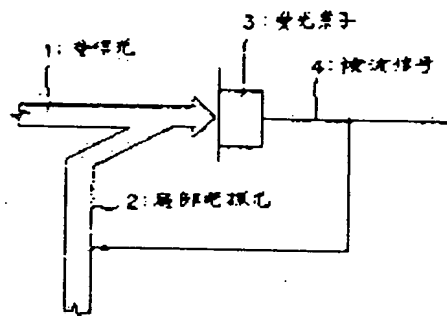
(72)Inventor : CHIKAMA TERUMI  
KIYONAGA TETSUYA  
ONODA YOSHITO

## (54) AUTOMATIC RECEPTION LEVEL CONTROL SYSTEM FOR COHERENT LIGHT COMMUNICATION

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To keep the detection output automatically to a constant level independently of the fluctuation of a receiving light level by controlling the intensity of the local oscillation light in response to the detection level of a detection signal.

**CONSTITUTION:** The level of the detection signal 4 is detected in the coherent optical communication system where the received light 1 and the local oscillation light 2 are mixed and the result is made incident on the photodetector 3 to obtain a detection signal 4, to control the intensity of the local oscillation light 2 in response to the detected level. That is, in the heterodyne detection, since an intermediate frequency signal proportional to the product of the strength between the received light and the local oscillation light is obtained, the intensity of the local oscillation light is controlled so as to make the product constant, that is, the level of the detection signal is made constant. Thus, the detection output of a prescribed level is obtained without using the electric AGC (automatic gain control) circuit.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑮ 公開特許公報(A)

昭64-16036

⑯ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 04 B 9/00

識別記号

庁内整理番号

S-8523-5K

⑰ 公開 昭和64年(1989)1月19日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑱ 発明の名称 コヒーレント光通信用自動受信レベル制御方式

⑲ 特 願 昭62-171570

⑳ 出 願 昭62(1987)7月9日

㉑ 発 明 者 近 間 輝 美 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内  
㉒ 発 明 者 清 永 哲 也 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内  
㉓ 発 明 者 小 野 田 義 人 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内  
㉔ 出 願 人 富 士 通 株 式 会 社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
㉕ 代 理 人 弁 理 士 井 桁 貞 一

明 細 書

1. 発明の名称

コヒーレント光通信用自動受信レベル  
制御方式

2. 特許請求の範囲

受信光(1)と局部発光光(2)を混合して受光素子(3)に入射させて検波信号(4)を得るようにしたコヒーレント光通信方式において、

検波信号(4)のレベルを検出し、

該検出レベルに応じて局部発光光(2)の強度を制御して一定レベルの検波出力を得るようにしたことを特徴とするコヒーレント光通信用自動受信レベル制御方式。

3. 発明の詳細な説明

図 1

コヒーレント光通信方式における自動受信レベル制御方式に関し、

受信光レベルの変動によらず検波出力を自動的に一定レベルに保つことを目的とし、

受信光と局部発光光を混合して受光素子に入射させて検波信号を得るようにしたコヒーレント光通信方式において、検波信号のレベルを検出し、該検出レベルに応じて局部発光光の強度を制御して一定レベルの検波出力を得るように構成される。

産業上の利用分野

本発明は、コヒーレント光通信方式における自動受信レベル制御方式に関する。

光通信の分野においては、光伝送路により伝送された受信光を直接的に受光素子により受光して電気信号に変換する直接検波方式が一般的である。これに対し近年においては、光の周波数使用効率の向上、変調速度の高速化、および伝送距離の長大化の要請から、スペクトル効率の高いレーザ光を送信用及び局部発光光用の光源とし、受信光と局部発光光とを混合してホモダイン検波またはヘテロダイン検波を行なうようにしたコヒーレン

ト光通信方式の研究が活発化している。この方式は直接検波方式に比較して受信感度の向上を期待できるので、光伝送路における中継距離の拡大又は中継器数の削減が可能となり、又加入者系等に適用した場合に、分岐数の増大及び高密度な被伝多量が可能であるので、光伝送路を経済的に構成することが可能となる。

第6図は、コヒーレント光通信方式を適用したCATVシステムの光加入者系の概略構成図である。同社41から光伝送路42に送信された光信号は、複数の分岐部43で分岐されて、受信端末44-1, 2, ...によって受信される。このようなシステムにおいては、光伝送路42の伝送損失及び分岐部43での光パワーの分配に起因して、同社41に近い受信端末44-1と同社41から遠い端末44-2とで受信光レベルが異なるので、同一の受信レベルで最適に設定された受信装置を用いた場合には、識別・再生機能が良好に働かないことがある。このため、受信光レベルによらず安定して信号を再生することのできる方式の実現

受信光の強度が所定値 $P_1$ 以下の場合には、APD 51のM値を制御して受信光強度によらずポストアンプ54に入力される信号レベルを一定に保つようにし、受信光強度が所定値 $P_1$ よりも大きい場合には、AGCアンプ53の利得を制御して該レベルが一定になるようにしている。このため、広い受信光レベルにわたって受信光強度によらずポストアンプ54に入力される信号レベルが一定に保たれ、安定な識別・再生がなされるものである。

第9図は、コヒーレント光通信方式における受信部の主要部を示すブロック図である。光伝送路61により伝送された受信光及び局部発光光源62からの局部発光光は、混合器63で混合されて受光素子64によりヘテロダイン検波される。このとき、受信光の信号成分は、受光素子64の非線形特性により受信光の周波数と局部発光光の周波数との差の周波数（例えば数GHz）の中間周波信号として取り出され、プリアンプ65により増幅される。

## 特開昭64-16036(2)

が要求されている。

### 従来の技術

第7図は、直接検波方式における自動利得制御回路（以下AGC回路ともいう）のブロック構成図である。APD（アバランシェフォトダイオード）51で直接検波されて生成された電気信号は、プリアンプ52、利得可変型のAGCアンプ53、及びポストアンプ54において増幅され、増幅された信号は、タイミング抽出回路55で抽出されたクロック等のタイミング信号に基づいて識別回路56において識別され、識別された信号成分が再生回路57で再生されて出力される。58はAGC切換制御回路であり、AGCアンプ53の出力値に基づいて、AGCアンプの利得を制御するか又はバイパス回路59を介してAPD 51のM値（増倍率）を制御する。

第8図はAGC切換制御の概要を説明するためのもので、横軸には受信光の強度、縦軸にはAPDのM値及びAGCアンプの利得が示されている。

### 発明が解決しようとする問題点

このように従来の直接検波方式においては、広い受信光レベルにわたって安定な識別・再生を行うための技術が確立されていたが、コヒーレント光通信方式においては全く確立されていないのが現状である。これは、コヒーレント光通信方式においてAPDを用いる場合は、M値を増加すると過剰雑音が増加するためM値を約5以下の値に設定する必要があり、M値の可変範囲が狭いこと、従って一般に受光素子として増倍のないPINフォトダイオードが用いられていることに起因する。すなわち、受光素子のM値の可変範囲が狭いかあるいは可変することができない場合には、広い受信光レベルについて電氣的なAGC回路だけで対応する必要があり、このAGC回路は必ずしも広い利得範囲について同一な特性（例えば帯域特性）を行っていないので、受信光レベルのダイナミックレンジが狭いという問題があった。

本発明はこのような問題点に鑑み創作されたもので、コヒーレント光通信方式において、電氣的

なAGC回路を用いることなしに、受信光レベルの変動によらず検波出力を自動的に一定レベルに保つことを目的としている。

#### 問題を解決するための手段

一般に、コヒーレント光通信方式において、ヘテロダイン検波を行なった場合の信号成分の大きさ( $i_s^2$ )は次式で与えられる。

$$i_s^2 = 2(\eta e / h\nu)^2 P_s P_L G_{\text{amp}} \quad \dots (1)$$

ここで、 $\eta$ は量子効率、 $e$ は素電荷、 $h$ はプランク定数、 $\nu$ は光の周波数、 $P_s$ は受信光の強度、 $P_L$ は局部発光光の強度、 $G_{\text{amp}}$ は増幅器の利得である。

上式からすると、従来の技術は、 $P_s$ の大きさに応じて $G_{\text{amp}}$ を変化させて $i_s^2$ を一定にするものであることがわかる。

これに対し、本発明は、 $P_s$ の変化に応じて $P_L$ の値を変化させるものである。

すなわち、本発明のコヒーレント光通信用自動

#### 特開昭64-16036(3)

受信レベル制御方式は、その基本原理が第1図に示されるように、受信光1と局部発光光2を混合して受光素子3に入射させて検波信号4を得るようにしたコヒーレント光通信方式において、検波信号4のレベルを検出し、該検出レベルに応じて局部発光光2の強度を制御して一定レベルの検波出力を得るようにして構成される。

#### 作 用

(1)式に示されるように、ヘテロダイン検波に際しては、受信光の強度と局部発光光の強度の積に比例した大きさの中間周波信号が得られるので、この積が一定となるように、つまり検波信号のレベルが一定となるように局部発光光の強度を制御することで、電気的なAGC回路を用いることなしに、一定レベルの検波出力を得ることが可能となる。この場合、変化させるのは局部発光光の強度だけであるので、受信光レベルの大きな変動に対しても帯域特性等の変化することがない。

#### 実 施 例

以下本発明の望ましい実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

第2図は、本発明を適用して構成されるコヒーレント光通信用受信装置のブロック構成図である。光伝送路11からの受信光は、光強度増幅/減衰器13により光強度を調整された局部発光光源12からの局部発光光と共に光カプラ14で混合され、混合された受信光及び局部発光光は、受光素子15において中間周波信号に変換される。この中間周波信号は、プリアンプ16及びポストアンプ17により増幅されて、図示しない通常の識別・再生回路等に送られる。ポストアンプ17の出力信号は、分岐されて増幅/減衰率制御回路18に送られる。増幅/減衰率制御回路18は、ポストアンプ17から出力された検波信号のレベルに応じて光強度増幅/減衰器13の増幅/減衰率を変化させる。局部発光光源12としてはDFB-LD(分布帰還型半導体レーザー)などを用いることができ、光強度増幅/減衰器13としてはバイ

アス電流による利得可変型の半導体レーザー増幅器を用いることができる。

第3図は、増幅/減衰率制御回路18の動作を説明するためのものであり、横軸には局部発光光の強度、縦軸には検波信号のレベルを示してある。四图中Aで示されるのは、送信装置からの距離が比較的大きく受信光のレベルが比較的小さい場合についてのもの、Bで示されるのは、送信装置からの距離が比較的小さく受信光のレベルが比較的大きい場合についてのものであり、いずれも局部発光光の強度に比例して検波信号レベルが増大していることがわかる。いま局部発光光の強度が $P_1$ であり、Aにおいて最適な検波信号レベル $S$ が得られているものとする、Bにおける検波信号レベルは、 $S$ よりも $\Delta S$ だけ大きい $S + \Delta S$ となる。増幅/減衰率制御回路18では、ポストアンプ17の出力のピーク検出値等に基づき上記 $\Delta S$ を検出し、Bについて局部発光光の強度が $P_2$ となるように、光強度増幅/減衰器13の増幅/減衰率をフィードバック制御するようになってい

る。これにより、受信光のレベルによらず常に一定な被送信信号レベルを得ることが可能となる。

次に周波数変換の強度の設定及び周波数変換の強度を変化させたときのCNR（搬送波電力対雑音電力比）の変化について説明する。一般に、ヘテロダイン検波におけるCNRは次式で与えられる。

$$CNR = 2K^2 P_L P_S / (P_{th}B + 2eK P_L B + K^2 \epsilon_L B P_L^2 + 2eK P_S B + K^2 \epsilon_S B P_S^2) \quad \dots (2)$$

ここで、 $K = \eta e / h\nu$ 、 $P_{th}$ は増幅器等の電子回路の熱雑音、 $B$ は受信器の中間周波数帯域、 $\epsilon_L$ は周波数変換の強度雑音、 $\epsilon_S$ は信号光の強度雑音である。なお(1)式と同一の文字は同一の対象を表すものである。

いま受信光の強度が周波数変換の強度と比較して十分小さく、受信光のショット雑音及び強度雑音、つまり(2)式の分母の第4項以降を無視することができるものとする、CNRは $P_L$ の関数となり、この関係は第4図に示されるようになる。

光の弱くなる受信端末において上に述べた最小入力光強度 $P_{smin}$ 以上の光が入力するようにシステム設計する。他の受信端末に入る信号光は、必ず $P_{smin}$ よりも大きくなる。その場合の制御動作を説明する。 $P_S$ が大きくなって $P_L P_S$ を一定に保つように $P_L$ を小さくした場合に、第(2)式からわかるように、分子は一定で、分母の雑音項は小さくなるので、CNRは第5図に示すように、常に良くなる。このため、受信レベルの制御に際してCNRが劣化することがない。なお、 $P_S$ が $P_L$ に対して同レベルもしくは大きくなる場合には、(2)式からCNRが劣化することが予想されるが、このような場合には、第8図に示される従来の方法に準じて電気的なAGC回路を付加することにより、CNRの劣化を防止することができるし、また、そのような場合にはかなり高いCNRが実現されているので、 $P_S$ の小さい時に設定したCNRになるまでにはかなり余裕があり、 $P_S$ や $P_{Lopt}$ になるまでCNR<sub>set</sub>より大きいCNRが維持できる。

#### 特開昭64-16036 (4)

同図では縦軸にCNR、横軸に周波数変換の強度をとっている。周波数変換の強度を大きくすると、CNRが改善されていくが、(2)式の分母の第3項に対応する周波数変換の強度雑音が大きいため、周波数変換強度を大きくしても、本来到達することのできるショット雑音限界（同分母中第2項に対応する）に達しないで、CNRが劣化することがわかる。従って、周波数変換強度の強度雑音特性に応じて、CNRに対しての最適周波数変換強度 $P_{Lopt}$ が存在する。

システムの設定に際しては、コヒーレント光通信の種々の方式に対応して所要の伝送特性（誤り率特性等）が達成されるCNRに対して、一定の劣化配分及びマージンを取りCNR<sub>set</sub>を決め、 $P_S$ 、 $P_L$ を設定する（第5図）。 $P_L$ の値は、第(2)式に示したように、 $P_{Lopt}$ に設定したときに最大のCNRが得られ、その $P_{Lopt}$ と同一のCNR（CNR<sub>set</sub>）が得られる信号光強度が、最小入力信号光強度 $P_{smin}$ となるようにする。第6図に示したCATVシステムの場合は、最も信号

周波数変換強度の最適値 $P_{Lopt}$ は(2)式から以下のように求まる。

$$P_{Lopt} = (h\nu / \eta e) (P_{th} / \epsilon_L)^{1/2} \quad \dots (3)$$

制御可能範囲を拡大する方法として、CNRに対して与えられた劣化配分及びマージンの一部を、 $P_L$ の $P_{Lopt}$ からのずれに割り振ることができる。CNRの $P_L$ 依存性は第(2)式に示したように、 $P_{Lopt}$ の近傍で非常に緩やかであるので、小さな劣化配分で $P_L$ を $P_{Lopt}$ よりも大きい所に設定することができる。これにより $P_L$ の可変範囲を拡大できる。また $P_L$ の値が十分に取れず、 $P_{Lopt}$ に達しない場合は $P_L$ はその最大値に設定する。

本発明例では、光強度増幅／減衰器13としてバイアス電圧可変型の半導体レーザ増幅器を用いているが、このように増幅器の利得を可変するもののほかに、例えばフランクフルディッシュ効果を利用する光吸収器を用い、この光吸収率を印加電圧により制御するようにしても良い。また、半導体の透過率を機械的に変化させるようにしても良い。

い。また、 $\text{LiNbO}_3$ などの導波路で構成された光強度変調器、偏光回転器と偏光子などを用いて変化することもできる。

#### 発明の効果

以上詳述したように、本発明によれば、検波信号のレベルを検出し、該検出レベルに応じて局部発振光の強度を制御するようにしているので、受信光レベルの変動によらず検波出力を自動的に一定レベルに保つことが可能になるという効果を奏する。この結果、電気的なAGC回路が不要となり、これに伴う帯域特性の劣化が無くなるので、30～50dBの広いダイナミックレンジにわたる受信光に適用することが可能になり、局部発振光強度の変化によりCNRが劣化することがない。

また実施例のように、CNRの最小値から一定の劣化を許容する局部発振光強度のうち高い方に設定しておくことにより、ダイナミックレンジをさらに広げることにも可能である。

第9図は一般的なコヒーレント光通信方式における受信部のブロック図である。

- 1—受信光、 2—局部発振光、  
3、15、64—受光素子、  
4—検波信号、 12、62—局部発振光源、  
13—光強度増幅／減衰器、  
18—増幅／減衰率制御回路。

代理人： 井理士 井 新 自



特開昭64-16036 (6)

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理説明図、

第2図は本発明の実施例を示すコヒーレント光通信用受信装置のブロック図、

第3図は本発明の実施例における局部発振光の制御を説明するためのものであり、検波信号レベルと局部発振光の強度との関係を示すグラフ、

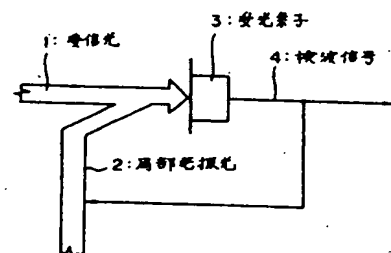
第4図は本発明実施例におけるCNR特性を示すものであって、CNRと局部発振光の強度との関係を示すグラフ、

第5図は本発明実施例における局部発振光の強度の設定を示すための説明図であって、CNRと局部発振光又は入力信号光の強度との関係を示すグラフ、

第6図は一般的なコヒーレント光通信方式の適用例を説明するためのCATVの概略構成図、

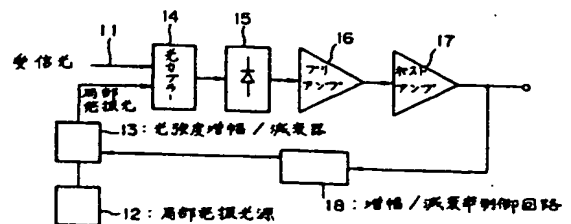
第7図は従来例図であって、直接検波方式におけるAGC回路のブロック図、

第8図は第7図におけるAGC切替の概要を説明するための図、



本発明の原理説明図

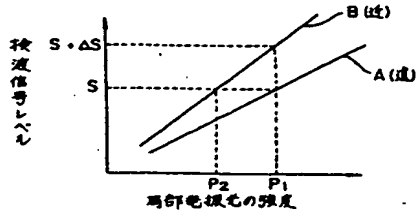
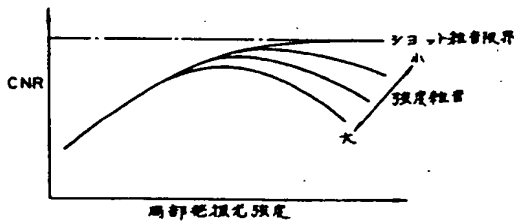
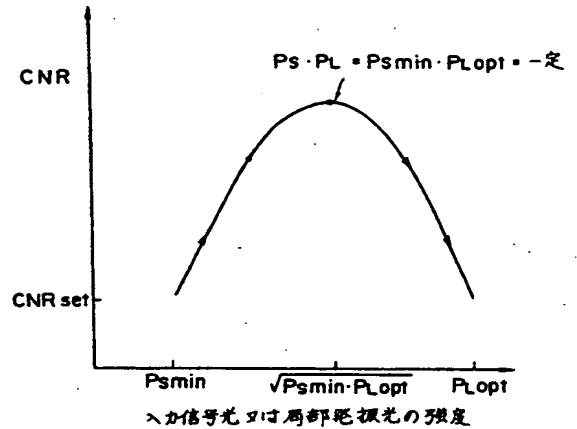
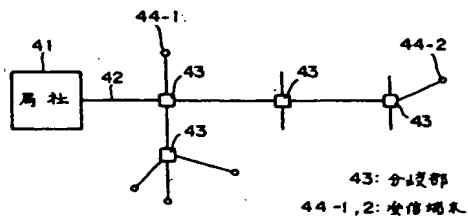
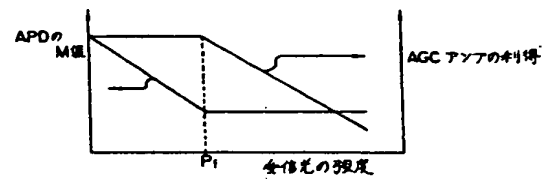
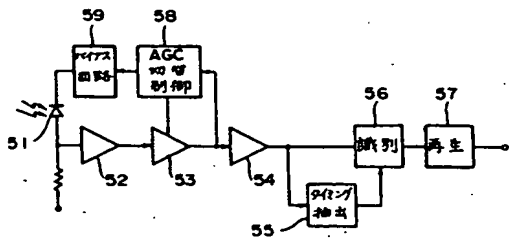
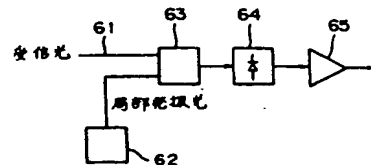
第1図



実施例図 (コヒーレント光通信用受信装置)

第2図

特開昭64-16036 (6)

実施例図 (局部発振光の制御の説明図)  
第 3 図実施例図 (CNR特性)  
第 4 図実施例図 (局部発振光強度の設定)  
第 5 図コヒーレント光通信の適用例 (CATV)  
第 6 図従来例図 (AGC 切替の概要)  
第 8 図従来例図 (直接検波方式のAGC)  
第 7 図従来例図 (コヒーレント光通信方式の受信部)  
第 9 図